

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Kependidikan

1. Proses Pembelajaran Biologi

Proses pembelajaran (proses belajar mengajar) biologi sebagai suatu sistem, pada prinsipnya merupakan kesatuan yang tidak terpisahkan antara komponen-komponen: *raw input* (peserta didik), *instrumental input* (masukan instrumental), lingkungan dan *outputnya* (hasil keluaran). Komponen-komponen tersebut mewujudkan sistem pembelajaran biologi dengan prosesnya berada di pusatnya. Komponen masukan *instrumental*, yang berupa kurikulum, guru, sumber belajar, media, metode dan sarana prasarana pembelajaran, nampaknya sangat berpengaruh terhadap proses pembelajaran biologi. Proses pembelajaran dalam teori Modern, tidak tergantung sekali kepada keberadaan guru (pendidik) sebagai pengelola proses pembelajaran. Hal ini didasarkan bahwa proses belajar pada hakekatnya merupakan interaksi antar peserta didik dengan objek yang dipelajari. Berdasarkan hal ini maka peranan sumber dan media belajar perlu dikembangkan dalam proses pembelajaran biologi (Suhardi, 2008: 4).

Menurut Nuryani Y. Rustaman (2005: 5) dalam proses belajar terkandung kegiatan interaksi antara guru-siswa dan komunikasi timbal balik yang berlangsung dalam situasi edukatif untuk mencapai

tujuan belajar. Interaksi dan komunikasi timbal balik antara guru dan siswa merupakan ciri dan syarat utama bagi berlangsungnya proses ini. Perlu dipahami bahwa interaksi tersebut tidak hanya berupa penyampaian materi pelajaran melainkan juga menanamkan sikap dan nilai pada diri siswa yang sedang belajar, selain interaksi antara guru dan siswa juga ada interaksi antara siswa dan objek yang dipelajarinya. Suhardi (2008: 4) menegaskan bahwa hakikat proses belajar adalah interaksi antara siswa dengan objek yang dipelajarinya sehingga proses pembelajaran tidak tergantung sekali kepada keberadaan guru sebagai pengelola pembelajaran. Menurut Suhardi (2008: 4) hal tersebut menjadi alasan untuk tidak mengesampingkan peran sumber dan media belajar dalam proses pembelajaran.

Hakekatnya dalam pendidikan biologi menekankan adanya interaksi antara siswa dengan objek yang dipelajari. Interaksi ini memberi peluang kepada siswa untuk berlatih belajar dan mengerti bagaimana belajar, mengembangkan potensi rasional pikir, keterampilan dan kepribadian serta mengenal permasalahan biologi dan pengkajiannya (Djohar, 1987: 4).

2. Sumber Belajar Biologi

Menurut Abdul Majid (2007: 170) sumber belajar dapat diartikan sebagai segala tempat atau lingkungan sekitar, benda, dan orang yang mengandung informasi dapat digunakan sebagai wahana bagi peserta didik untuk melakukan proses perubahan tingkah laku.

Nana Sudjana (2007: 78), menuliskan bahwa pengertian sumber belajar bisa diartikan secara sempit dan secara luas. Pengertian secara sempit diarahakan pada bahan-bahan cetak. Sedangkan secara luas tidak lain adalah daya yang bisa dimanfaatkan guna kepentingan proses belajar mengajar, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peran utama sumber belajar adalah membawa dan menyalurkan stimulus dan informasi kepada siswa (Nana Sudjana dan Ahmad Rivai, 2007: 78).

Biologi adalah ilmu yang memiliki ciri menggunakan benda hidup sebagai objek studinya (IGP Suryadarma, dkk, 1997: 5), dengan demikian sumber belajar biologi tentunya memiliki kekhasan tersendiri dibandingkan sumber belajar lainnya. Suhardi (2008: 5) menyatakan sumber belajar biologi adalah segala sesuatu, baik benda maupun gejalanya yang dapat dipergunakan untuk memperoleh pengalaman dalam rangka pemecahan permasalahan biologi tertentu. Sumber belajar memungkinkan dan memudahkan terjadinya proses belajar. Sumber belajar biologi dalam proses pembelajaran biologi dapat diperoleh disekolah atau diluar sekolah.

Menurut Suhardi (2008: 5) penggunaan sumber belajar sebagai bahan ajar tergantung dari macam sumber belajarnya. Pada prinsipnya sumber belajar dibedakan atas dua macam :

- 1) Sumber belajar yang siap digunakan dalam proses pembelajaran tanpa adanya penyederhanaan dan atau modifikasi (*by utilization*).
- 2) Sumber belajar yang disederhanakan atau dimodifikasi (*by design*).

Menurut Suhardi (2008: 5-6), penggunaan sumber belajar biologi yang sudah dikemas sebagai bentuk bahan ajar yang diwujudkan dalam kemasan media belajar dalam proses pembelajaran biologi memiliki kemampuan yang potensial untuk:

1. Membangkitkan produktifitas pembelajaran dengan cara:
 - a. Mempercepat laju belajar, dan menggunakan waktu secara lebih baik.
 - b. Mengembangkan kegairahan belajar.
 - c. Memberikan kegiatan lebih kearah individual.
 - d. Memberikan kesempatan berkembang sesuai dengan kemampuan.
2. Memberi dasar yang lebih ilmiah terhadap pengajaran, dengan cara:
 - a. Perencanaan secara lebih sistematis.
 - b. Pengembangan bahan pengajaran dilandasi penelitian berdasar fakta.

3. Lebih memantapkan pengajaran dengan cara:

- a. Meningkatkan kemampuan dengan fasilitas berbagai media komunikasi.
- b. Penyajian informasi dan data lebih kongkrit.
- c. Mengurangi sifat verbalistik dan abstrak dengan kenyataan yang kongkrit.

Suatu objek atau gejalanya dapat diangkat sebagai sumber belajar harus memenuhi persyaratan tertentu. Persyaratan tersebut dapat dilihat dalam kurikulum yang berlaku. Di dalam kurikulum tercantum konsep-konsep yang harus dikuasai oleh peserta didik pada jenis dan tingkat pendidikan tertentu. Jabaran konsep sub-konsep atau sub-sub konsepnya akan dapat digunakan untuk mencapai konsep tersebut. Dari petunjuk teknis kurikulum dapat dilihat tujuan dan sasaran belajar. Setelah ada kesesuaian dengan ketiga hal tersebut perlu juga ditinjau informasi yang diungkap, pedoman kegiatan dan faktanya, sehingga jelas pula proses dan produk yang ingin diperolehnya. Besarnya potensi suatu objek dan gejalanya untuk dapat diangkat sebagai sumber belajar terhadap permasalahan biologi dapat dipersentasikan berdasarkan konsep/sub-konsep dengan memperhatikan jumlah waktu yang diperlukan. Potensi ini dapat dimantapkan lebih lanjut dengan diadakan kajian terhadap proses dan produk yang diperoleh (Suhardi, 2008: 6-7).

3. Manfaat Sumber Belajar

Menurut Depdikbud dalam buku (Suhardi, 2008: 5) penggunaan sumber belajar biologi yang sudah dikemas sebagai bentuk bahan ajar yang diwujudkan dalam kemasan media belajar dalam proses pembelajaran biologi memiliki kemampuan yang potensial untuk:

- a. Membangkitkan produktifitas pembelajaran dengan cara:
 - 1) Mempercepat laju belajar, dan menggunakan waktu secara lebih baik.
 - 2) Mengembangkan kegairahan belajar.
 - 3) Memberikan kegiatan lebih ke arah individual.
 - 4) Memberikan kesempatan berkembang sesuai dengan kemampuan
- b. Memberi dasar yang lebih ilmiah terhadap pengajaran, dengan cara:
 - 1) Perencanaan secara lebih sistematis
 - 2) Pengembangan bahan pengajaran dilandasi penelitian berdasar fakta.
- c. Lebih memantapkan pengajaran dengan cara:
 - 1) Meningkatkan kemampuan dengan fasilitas berbagai media komunikasi.
 - 2) Penyajian informasi dan data lebih konkrit.
 - 3) Mengurangi sifat verbalistik dan abstrak dengan kenyataan yang konkrit.

4. Modul Sebagai Bahan Ajar

Menurut E. Mulyasa (2007: 231) Modul merupakan paket belajar mandiri yang meliputi serangkaian pengalaman belajar yang direncanakan dan dirancang secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai tujuan belajar.

Modul adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik perhatian siswa yang mencakup materi, metode, perangkat latihan dan instrumen evaluasi yang dapat digunakan sebagai perangkat belajar secara mandiri.

Perangkat materi pelajaran ini disusun untuk siswa digunakan secara mandiri sehingga mereka dapat belajar sesuai dengan kapasitas dirinya. Modul memiliki ciri khas *stand alone* yaitu tidak tergantung pada media lain. Pengembangannya harus memenuhi kebutuhan belajar siswa, memudahkan pemakai untuk belajar.

Agar siswa tertarik untuk mempelajarinya maka materi modul harus *up to date* dan kontekstual, disajikan dalam unit-unit kecil, dilengkapi dengan contoh-contoh, ilustrasi yang jelas dan menarik. Untuk melengkapi kebutuhan belajar siswa maka modul sebaiknya dilengkapi dengan rangkuman materi, soal-soal latihan, tugas, dan instrumen evaluasi yang membangkitkan minat siswa belajar.

Instrumen penilaian harus membuka kemungkinan siswa melakukan *self* mengukur kemampuan sendiri. Bahasa yang digunakan harus komunikatif dan mudah dipahami siswa. Modul harus dilengkapi

juga dengan referensi yang mendukung materi sebagai sumber belajar siswa lebih lanjut.

Sebagai salah satu bahan ajar cetak, modul merupakan suatu paket belajar yang berkenaan dengan satu unit bahan pelajaran. Siswa dapat mencapai dan menyelesaikan bahan belajarnya dengan belajar secara individual melalui modul. Peserta belajar tidak dapat melanjutkan ke suatu unit pelajaran berikutnya sebelum menyelesaikan secara tuntas materi belajarnya. Siswa juga dapat mengontrol kemampuan dan intensitas belajarnya. Modul dapat dipelajari di mana saja. Lama penggunaan sebuah modul tidak tertentu, meskipun di dalam kemasan modul juga disebutkan waktu yang dibutuhkan untuk mempelajari materi tertentu. Akan tetapi keleluasaan siswa mengelola waktu tersebut sangat fleksibel, dapat beberapa menit dan dapat pula beberapa jam, dan dapat dilakukan secara tersendiri atau diberi variasi dengan metode lain.

St. Vembriarto dikutip dari (Sungkono, dkk, 2003: 8-9) menjelaskan bahwa modul sebagai media utama dalam pembelajaran jarak jauh memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

a. Bersifat *self-instructional*.

Pengajaran modul menggunakan paket pelajaran yang memuat satu konsep atau unit dari bahan pelajaran. Sementara, pendekatan yang digunakan dalam pengajaran modul menggunakan pengalaman belajar siswa melalui berbagai

macam penginderaan, melalui pengalaman mana siswa terlibat secara aktif belajar.

b. Pengakuan atas perbedaan-perbedaan individual

Pembelajaran melalui modul sangat sesuai untuk menanggapi perbedaan individual siswa, karena modul pada dasarnya disusun untuk diselesaikan oleh siswa secara perorangan. Oleh karena itu pembelajaran melalui modul, siswa diberi kesempatan belajar sesuai irama dan kecepatan masing-masing.

c. Memuat rumusan tujuan pembelajaran/kompetensi dasar secara eksplisit.

Tiap-tiap modul memuat rumusan tujuan pengajaran/kompetensi dasar secara spesifik dan eksplisit. Hal ini sangat berguna bagi berbagai pihak seperti bagi penyusun modul, guru, dan bagi siswa. Bagi penyusun modul, tujuan yang spesifik berguna untuk menentukan media dan kegiatan belajar yang harus direncanakan untuk mencapai tujuan tersebut. Bagi guru tujuan itu berguna untuk memahami isi pelajaran. Bagi siswa berguna untuk menyadarkan mereka tentang apa yang diharapkan.

d. Adanya asosiasi, struktur, dan urutan pengetahuan

Proses asosiasi terjadi karena dengan modul siswa dapat membaca teks dan melihat diagram-diagram dan buku

modulnya. Sedangkan struktur dan urutan maksudnya materi pada buku modul itu dapat disusun mengikuti struktur pengetahuan secara hirarkis. Dengan demikian siswa dapat mengikuti urutan kegiatan belajar secara teratur.

e. Penggunaan berbagai macam media (multi media)

Pembelajaran dengan modul memungkinkan digunakannya berbagai macam media pembelajaran. Hal ini dikarenakan karakteristik siswa berbeda-beda terhadap kepekaannya terhadap media. Oleh karena itu dalam belajar menggunakan modul bisa saja divariasikan dengan media lain seperti radio atau televisi.

f. Partisipasi aktif dari siswa

Modul disusun sedemikian rupa sehingga bahan-bahan pembelajaran yang ada dalam modul tersebut bersifat *self instructional*, sehingga akan terjadi keaktifan belajar yang tinggi.

g. Adanya *reinforcement* langsung terhadap respon siswa

Respon yang diberikan siswa mendapat konfirmasi atas jawaban yang benar, dan mendapat koreksi langsung atas kesalahan jawaban yang dilakukan. Hal ini dilakukan dengan cara mencocokkan hasil pekerjaannya dengan kunci jawaban yang telah disediakan.

- h. Adanya evaluasi terhadap penguasaan siswa atas hasil belajarnya

Dalam pembelajaran modul dilengkapi pula dengan adanya kegiatan evaluasi, sehingga dari hasil evaluasi ini dapat diketahui tingkat penguasaan siswa terhadap materi yang telah dipelajarinya. Untuk mengetahui siswa berada pada tingkat penguasaan yang mana, dalam suatu modul juga dilengkapi tentang cara perhitungannya dan patokannya.

Unsur-unsur modul (St. Vembriarto, 1975: 49-53) adalah sebagai berikut:

- 1) Rumusan tujuan pembelajaran khusus. Tujuan belajar tersebut dirumuskan dalam bentuk tingkah laku siswa.
- 2) Petunjuk belajar, memuat penjelasan tentang bagaimana pembelajaran itu dapat diselenggarakan secara efisien.
- 3) LKS, memuat materi pelajaran yang harus dikuasai oleh siswa.
- 4) Lembar latihan dan tugas, memuat pertanyaan dan masalah-masalah yang harus dijawab oleh siswa.
- 5) Kunci jawaban latihan dan tugas, tujuannya adalah agar siswa dapat mengevaluasi hasil pekerjaannya.
- 6) Lembar tes formatif, merupakan alat evaluasi untuk mengukur keberhasilan siswa dalam mencapai tujuan yang telah dirumuskan dalam modul.

- 7) Rangkuman, memuat ringkasan materi untuk memantapkan pemahaman materi pelajaran.
- 8) Kunci lembar tes formatif, tujuannya agar siswa dapat mengevaluasi hasil pekerjaannya.

Karakteristik modul dapat diketahui dari formatnya yang disusun atas dasar:

- a. Prinsip-prinsip desain pembelajaran yang berorientasi kepada tujuan (*objective model*)
- b. Prinsip belajar mandiri
- c. Prinsip belajar maju berkelanjutan (*continuous progress*)
- d. Penataan materi secara modular yang utuh dan lengkap (*self contained*)
- e. Prinsip rujuk silang (*cross referencing*) antar modul dalam rnata pelajaran
- f. Penilaian belajar mandiri terhadap kemajuan belajar (*self-evaluation*).

Menurut Sungkono, dkk (2003: 10-11), bahwa prinsip bahan ajar adalah disusun dengan menggunakan strategi pembelajaran yang sama seperti yang digunakan pembelajaran dalam kelas biasa. Mengembangkan bahan ajar berarti mengajarkan suatu mata pelajaran melalui tulisan. Prinsip-prinsip yang digunakan dalam mengembangkan bahan ajar sama dengan yang digunakan dalam

pembelajaran biasa. Bedanya adalah, bahasa yang digunakan bukan bahasa buku teks yang bersifat sangat formal.

5. Tujuan Pengajaran dengan Modul

Menurut Tohari Musnawar (1978: 10) tujuan digunakannya modul di dalam proses belajar mengajar ialah agar supaya:

- a. Tujuan dapat dicapai secara efisien dan efektif
- b. Murid dapat mengikuti program pendidikan sesuai dengan kecepatan dan kemampuannya sendiri
- c. Murid dapat sebanyak mungkin menghayati dan melakukan kegiatan belajar sendiri, baik dibawah bimbingan atau tanpa bimbingan guru
- d. Murid dapat menilai dan mengetahui hasil belajarnya sendiri secara berkelanjutan
- e. Murid benar-benar menjadi titik pusat kegiatan belajar mengajar
- f. Kemajuan siswa dapat diikuti dengan frekuensi yang lebih tinggi melalui evaluasi yang dilakukan pada setiap modul berakhir
- g. Modul disusun dengan berdasar kepada konsep “mastery learning” suatu konsep yang menekankan bahwa murid harus secara optimal menguasai bahan pelajaran yang disajikan dalam modul itu.

Prinsip ini mengandung konsekuensi bahwa seseorang murid tidak diperbolehkan mengikuti program berikutnya sebelum ia menguasai paling sedikit 75% dari bahan tersebut.

6. Prinsip Belajar Tuntas (*Mastery Learning*)

Menurut Suryosubroto (2002: 100-105) ada 6 ciri-ciri belajar mengajar dengan prinsip belajar tuntas (*mastery learning*) yaitu:

- a. Pengajaran didasarkan atas tujuan-tujuan pendidikan yang telah ditentukan terlebih dahulu. Ini berarti bahwa tujuan dari strategi belajar mengajar adalah agar hampir semua siswa atau semua siswa dapat mencapai tingkat penguasaan tujuan pendidikan.
- b. Memperhatikan perbedaan individu. Yang dimaksud perbedaan disini adalah perbedaan siswa dalam hal menerima rangsangan dari luar dan dari dalam dirinya serta laju belajarnya.
- c. Evaluasi dilakukan secara kontinu dan didasarkan atas kriteria. Evaluasi dilakukan secara kontinu (*continous evaluation*) ini diperlukan agar guru dapat menerima umpan balik yang cepat/segera, sering dan sistematis. Jadi evaluasi dilakukan pada awal selama dan akhir proses belajar mengajar berlangsung.
- d. Menggunakan program perbaikan dan pengayaan. program perbaikan dan program pengayaan adalah sebagai akibat dari penggunaan evaluasi yang kontinu dan berdasarkan kriteria serta pandangan terhadap perbedaan kecepatan belajar

mengajar siswa dan administrasi sekolah. Program perbaikan ditujukan kepada mereka yang belum menguasai tujuan instruksional tertentu, sedangkan program pengayaan diberikan kepada mereka yang telah menguasai unit pelajaran yang diberikan.

- e. Menggunakan prinsip siswa belajar aktif. Prinsip siswa belajar aktif memungkinkan siswa mendapatkan pengetahuan berdasarkan kegiatan-kegiatan yang dilakukan sendiri. Cara belajar mengajar demikian mendorong siswa untuk bertanya bila mengalami kesulitan, mencari buku-buku atau sumber-sumber lain untuk memecahkan persoalan-persoalan yang dihadapinya.
- f. Menggunakan satuan pelajaran yang kecil. Cara belajar mengajar dengan menggunakan prinsip belajar tuntas menuntut pembagian bahan pengajaran menjadi unit yang kecil-kecil. Pembagian unit pelajaran ini sangat diperlukan guna dapat memperoleh umpan balik secepat mungkin. Dengan demikian guru dapat melakukan usaha perbaikan sedini mungkin.

7. Teknik Pengayaan

Teknik Pengayaan adalah teknik yang memungkinkan siswa memperoleh tambahan pengalaman belajar, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, sesuai dengan kemampuan masing-masing setelah

yang bersangkutan menyelesaikan semua tugas pelajaran yang dipersyaratkan kepadanya (St. Vembriarto, 1975 : 11).

Bambang Subali dan Paidi (2009: 71) berpendapat bahwa dalam program pengayaan, kompetensi dasar yang harus dikuasai adalah kompetensi dasar *plus* yang bisa ditentukan oleh guru atau oleh guru dan siswa serta pihak lain atas dasar tertentu, terutama atas dasar pemberian bekal kemampuan tambahan. Kompetensi *plus* ini dapat diartikan lebih mendalam ataupun lebih luas dibandingkan kompetensi sebelumnya.

Abdul Majid (2009: 240) juga memaparkan bahwa pengajaran pengayaan adalah suatu bentuk pengajaran yang khusus diberikan kepada murid-murid yang sangat cepat dalam belajar.

8. Modul Pengayaan

Modul pengayaan bersifat memperluas (dimensi horizontal) dan atau bersifat memperdalam (dimensi vertikal) bagi murid-murid yang pandai. Biasanya murid-murid yang pandai sudah mampu menyelesaikan dengan baik modul-modul pokok lebih dahulu dibanding dengan teman-temannya yang lain. Modul pengayaan yang disebut juga sebagai program tambahan ini dapat dikerjakan oleh murid disekolah ataupun dirumah (Tohari Musnawar, 1978: 11).

Suryosubroto (1983: 33-36), juga menyebutkan tujuan pembuatan modul pengayaan antara lain:

- a. Memberikan aplikasi tambahan sesuai dengan yang terdapat dalam kehidupan sebenarnya, dari konsep-konsep atau prinsip-prinsip.
- b. Meneliti aspek-aspek yang lebih kompleks dari konsep yang diajarkan.

9. Pembelajaran Tuntas dengan Modul

Perbedaan individu menuntut adanya penanganan yang juga berbeda. Suatu program pembelajaran, perlu adanya layanan-layanan tertentu, menyesuaikan dengan karakteristik siswa tersebut. Guru tidak cukup dengan memberikan suatu macam program layanan belajar bagi semua siswa (Bambang Subali dan Paidi, 2009: 69).

10. Kualitas Modul

Modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru, sehingga modul berisi paling tidak tentang segala komponen dasar bahan ajar yang telah disebutkan sebelumnya. Modul harus menggambarkan kompetensi dasar yang akan dicapai oleh peserta didik, disajikan dengan menggunakan bahasa yang baik, menarik, dilengkapi dengan ilustrasi (Abdul Majid, 2007: 176).

Berdasarkan Standar Penilaian Buku Pelajaran Sains oleh Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, standar penilaian tersebut dirumuskan dalam tiga aspek yaitu aspek materi, aspek penyajian dan aspek bahasa/keterbacaan.

a. Aspek Materi

Standar yang berkaitan dengan aspek materi:

- 1) Kelengkapan materi
- 2) Keakuratan materi
- 3) Kegiatan yang mendukung materi
- 4) Kemutakhiran materi
- 5) Upaya meningkatkan kompetensi sains siswa
- 6) Pengorganisasian materi mengikuti sistematika keilmuan
- 7) Kegiatan pembelajaran mengembangkan keterampilan dan kemampuan berfikir
- 8) Materi merangsang siswa untuk melakukan inquiri
- 9) Penggunaan notasi, simbol dan satuan

b. Aspek Penyajian

Standar yang berkaitan dengan aspek penyajian adalah:

- 1) Organisasi penyajian umum
- 2) Organisasi penyajian per bab
- 3) Melibatkan siswa secara aktif
- 4) Mengembangkan proses pembentukan pengetahuan
- 5) Tampilan umum menarik
- 6) Variasi dalam cara penyampaian informasi
- 7) Meningkatkan kualitas pembelajaran
- 8) Memperhatikan kode etik dan hak cipta

- 9) Memperhatikan kesetaraan gender dan kepedulian terhadap lingkungan

c. Aspek Bahasa/Keterbacaan

Standar yang berkaitan dengan aspek bahasa/keterbacaan adalah:

- 1) Bahasa Indonesia yang baik dan benar
- 2) Peristilahan
- 3) Kejelasan bahasa
- 4) Kesesuaian bahasa

Suhardi (2008: 52-56) menambahkan ketiga aspek tersebut dengan aspek kegrafisan (Anatomi Buku) yaitu:

- a. Kelengkapan bagian depan (depan-pertengahan-akhir)
- b. Kesesuaian penggunaan jenis dan ukuran huruf
- c. Kesesuaian format buku
- d. Kesesuaian tata letak

B. Kajian Keilmuan

1. Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati atau *biodiversitas* (Bahasa Inggris: biodiversity) adalah suatu istilah pembahasan yang mencakup semua bentuk kehidupan, yang secara ilmiah dapat dikelompokkan menurut skala organisasi biologisnya, yaitu mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi

dimana bentuk kehidupan ini merupakan bagiannya. Dapat juga diartikan sebagai kondisi keanekaragaman bentuk kehidupan dalam ekosistem atau bioma tertentu. Keanekaragaman hayati seringkali digunakan sebagai ukuran kesehatan sistem biologis.

Menurut *World Wildlife Fund* (1989) mendefinisikan sebagai “jutaan tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, termasuk gen yang mereka miliki, serta ekosistem rumit yang mereka bantu menjadi lingkungan hidup” (Mochamad Indrawan, dkk, 2007: 15).

Keanekaragaman hayati tidak terdistribusi secara merata di bumi; wilayah tropis memiliki keanekaragaman hayati yang lebih kaya, dan jumlah keanekaragaman hayati terus menurun jika semakin jauh dari ekuator.

Keanekaragaman hayati yang ditemukan di bumi adalah hasil dari miliaran tahun proses evolusi. Asal muasal kehidupan belum diketahui secara pasti dalam sains. Hingga sekitar 600 juta tahun yang lalu, kehidupan di bumi hanya berupa *archaea*, bakteri, protozoa, dan organisme uniseluler lainnya sebelum organisme multiseluler muncul dan menyebabkan ledakan keanekaragaman hayati yang begitu cepat, namun secara periodik dan eventual juga terjadi kepunahan secara besar-besaran akibat aktivitas bumi, iklim, dan luar angkasa. Keanekaragaman hayati dapat digolongkan menjadi tiga tingkat:

a. Keanekaragaman Gen (*Genetic diversity*)

Keanekaragaman genetik (*genetic diversity*) adalah suatu tingkatan biodiversitas yang merujuk pada jumlah total variasi genetik dalam keseluruhan spesies yang mendiami sebagian atau seluruh permukaan bumi yang dapat didiami. Ia berbeda dari variabilitas genetik, yang menjelaskan kecenderungan kemampuan suatu karakter/sifat untuk bervariasi yang dikendalikan secara genetik. Keanekaragaman genetik, menunjukkan variasi genetik di dalam jenis yang meliputi populasi yang perbedaannya jelas dalam jenis yang sama atau variasi genetik di dalam populasi (Sudarsono, dkk, 2005: 4).

b. Keanekaragaman Jenis (*Species diversity*)

Keanekaragaman jenis adalah variasi jenis di dalam suatu daerah (Sudarsono, dkk, 2005: 6). Keanekaragaman ini lebih mudah diamati daripada Keanekaragaman gen. Keanekaragaman hayati tingkat ini dapat ditunjukkan dengan adanya beraneka macam jenis makhluk hidup baik yang termasuk kelompok hewan, tumbuhan dan mikroba.

c. Keanekaragaman Ekosistem (*Ecosystem diversity*)

Keanekaragaman tingkat ini dapat ditunjukkan dengan adanya variasi dari ekosistem di biosfer. misalnya : ekosistem lumut, ekosistem hutan tropis, ekosistem gurun, masing-masing ekosistem memiliki organisme yang khas untuk ekosistem

tersebut. misalnya lagi, ekosistem gurun di dalamnya ada unta, kaktus, dan ekosistem hutan tropis di dalamnya ada harimau.

2. Ikan (Pisces)

a. Ciri Umum

Ikan (Pisces) adalah anggota vertebrata poikilotermik (berdarah dingin) yang hidup di air dan bernapas dengan insang. Ikan merupakan kelompok vertebrata yang paling beraneka ragam dengan jumlah spesies lebih dari 27,000 di seluruh dunia.

Dikenal 4 kelas ikan dan vertebrata sejenis ikan, antara lain kelas Agnatha atau vertebrata tidak berahang yang diwakili Ostrachodermi (Punah) dan yang masih ada adalah Cyclostomata (lamprey dan hagfishes), ikan purba berahang kelas Placodermi (punah), kelas Chondrichthyes atau ikan kartilago/tulang rawan (ikan hiu, pari dan chimaera), dan kelas Osteichthyes atau ikan tulang sejati. Dua kelas terakhir (Chondrichthyes dan Osteichthyes) dikelompokkan dalam superkelas Pisces.

Cohen (1970), menyatakan bahwa ada 515 – 555 jenis Chondrichthyes dan 19.135 – 20.980 Osteichthyes. Jumlah ini jauh lebih banyak dari seluruh vertebrata yang ada dan tidak mengherankan sebab $\pm 80\%$ permukaan bumi tertutup air.

Ada spesies ikan yang hidup di air tawar dan sebagian ikan primer air tawar, misalnya ikan paru-paru. Jenis ikan tertentu mungkin memiliki periode hidup di laut atau air payau dan meneruskan hidupnya di air tawar atau sebaliknya. Ikan yang selalu berpindah hidupnya dari air tawar ke air asin atau sebaliknya dari air asin ke air tawar sepanjang hidupnya disebut spesies *diadromous*, misalnya ikan salmon Pasifik dan sidat air tawar (Sukiya, 2005: 9-10).

b. Klasifikasi Pisces

Klasifikasi Superkelas Pisces

Superkelas	PISCES
Kelas	CHONDRICHTHYES (ikan bertulang rawan)
Ordo :	Cladoselachiformes (ancestor ikan hiu laut)
	Ciri-ciri : Sirip pectoral tidak mengarah kebawah seperti hiu modern; mulut terminal; sirip anal tidak ada; ekor heterocercal .
Ordo :	Xenacanthiformes (ancestor ikan hiu air tawar)
	Ciri-ciri : Sirip pectoral bertipe archipterygeal; ekor diphyccercal.
Ordo :	Selachiformes (ikan hiu dan pari)
	Ciri-ciri : Sepasang sirip bukan tipe archipterygeal; mulut ventral; bukan terminal; ekor heterocercal ; hidup di laut,

sedikit di estuarine dan air tawar. Memiliki 4 subordo yaitu:

Subordo Hexanchoides (ikan hiu sapi)

Subordo Heterodontoides (ikan hiu bertanduk)

Subordo Selachoides (ikan hiu modern)

Subordo Batoides (ikan pari dan skate)

Ordo : Chondrichthyes (ancestor Holocephali)

Ciri-ciri : Pusat tulang belakang berkembang baik, sirip pectoral bertipe archipterygeal.

Ordo : Chimaeriformes (modern Holocephali, chimaera)

Ciri-ciri : Tulang belakang sesungguhnya adalah jaringan kapur; sirip pectoral bertipe archipterygeal; hidup di laut dalam.

Kelas **OSTEICHTHYES** (ikan bertulang keras)

Subkelas **Actinopterygii**

Superordo Paleoniscii (paleoniscoids)

Ciri-ciri : Ikan bersisik dengan tubuh seperti hiu; ekor biasanya heterocercal; ada satu sirip dorsal.

Superordo **Polypteri** (ikan bersisik ganoid)

Ciri-ciri : Ukuran sedang mencapai 1 m, primitif, memanjang, sirip caudal simetris, sirip dorsal terbagi kedalam sejumlah sirip terpisah; kantung udara berfungsi seperti paru-paru dan terhubung ke sisi ventral dari perut.

- Ordo : Polypteriformes (bichirs)
 Superordo **Chondrostei** (ikan ganoid bertulang rawan)
 Ciri-ciri : Ukuran sedang besarnya hingga 9 m, primitif, ikan bersirip dengan tubuh seperti hiu dan ekor heterocercal; mulut subterminal; banyak tulang rawan; kantung udara perut di dalam dan muncul dari sisi dorsal perut; ada katup spiral di usus.
- Ordo : Acipenceriformes (sturgeon dan paddlefish)
 Superordo **Holostei** (ikan ganoid bertulang keras)
 Ciri-ciri : Ukuran sedang hingga besar (0,7 - 3 m), ikan bersirip pendek; ekor heterocercal; sisik ganoid atau sikloid; kantung udara berfungsi sebagai tambahan organ respirasi, terdapat sejumlah lipatan pada bagian dalam permukaan, dan tersambung ke sisi dorsal dari perut, terdapat katup spiral di usus.
- Ordo : Amiiformes (ikan bowfin)
 Ciri-ciri : Holostean kecil dengan rahang tidak menonjol keluar dan garis melintang disekitar kepala; sirip dorsal panjang dan berduri; kepala dilapisi dengan lempengan tulang; sisik sikloid; hanya ada satu spesies yaitu *Amia calva*.
- Ordo : Lepisosteiformes (ikan gars)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sedang hingga besar dengan moncong memanjang; sirip dorsal belakang pada tempatnya; sisik ganoid berbentuk belah ketupat; memiliki satu genus yaitu *Lepigosteus*.

Superordo	<p>Teleostei (ikan bertulang keras tingkat tinggi)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh sangat kecil hingga besar; sisik ganoid kurang sempurna pada beberapa spesies, biasanya sikloid atau ktenoid; ekor biasanya homocercal.</p>
Ordo :	<p>Clupeiformes (ikan salmon dan sebangsanya)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga cukup besar (0,035 – 2,4 m); jaringan tulang masih primitive dengan sirip lunak; gelembung renang biasanya tersambung.</p>
Ordo :	<p>Scopeliformes (ikan iniomous)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh relative kecil (0,025 – 1 m); bersirip lunak, banyak yang memiliki organ penghasil cahaya.</p>
Ordo :	<p>Saccopharyngiformes (belut gulper laut dalam)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh memanjang hingga mencapai 2 m; sirip pelvic, iga, sisik dan gelembung renang tidak ada; memiliki photophores ditubuhnya; memiliki dua atau tiga family.</p>
Ordo :	<p>Galaxiiformes (ikan galaxiid)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil sampai 0,6 m; tidak bersisik dengan bagian belakang memiliki sirip dorsal dan sirip anal; memiliki satu family.</p>
Ordo :	<p>Esociformes (ikan pike)</p> <p>Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang (tidak kurang dari 0,05 hingga 1,5 m);</p>

gelembung renang terhubung dengan usus; sisik sikloid.

Ordo : Mormyriiformes (ikan mormirid)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang mencapai 1,5 m; sering bermoncong memanjang; memiliki satu atau dua family.

Ordo : Cypriniformes (ikan cyprinus, karper)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang; gelembung renang biasanya terhubung dengan usus; sirip pelvic biasanya dibalik sirip pektoral.

Ordo : Anguilliformes (belut)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang dapat mencapai 2 m; ikan bertubuh memanjang; sirip dorsal dan sirip anal menyatu dengan sirip ekor; sirip pelvic belum sempurna; sisik kecil atau belum sempurna.

Ordo : Cyprinodontiformes (ikan cyprinodontid, minno)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh biasanya kurang dari 0,3 m; memiliki satu sirip dorsal, kira-kira memiliki 7 famili.

Ordo : Beloniformes (ikan terbang)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang dapat mencapai 1,2 m; tubuh memanjang dengan garis lateral yang sangat lemah pada tubuhnya; sisik sikloid berukuran kecil hingga sedang; gelembung renang tidak terhubung dengan usus; memiliki 4 famili.

- Ordo : Gadiformes (codfishes dan hakes)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga besar (0,1 – 2 m); ikan memiliki sirip pelvic depan hingga sirip pectoral; sisik sikloid; gelembung renang tidak terhubung dengan usus pada dewasa; memiliki 4 famili.
- Ordo : Macruriformes (deep-sea rattails)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sedang hingga 1 m; berhubungan dekat dengan Gadiformes tetapi dengan sirip caudal menyatu dengan sirip dorsaldan sirip anal; sebuah duri ada kalanya berhubungan dengan sirip dorsal yang pertama; sisik sikloid atau ktenoid; memiliki 1 famili.
- Ordo : Percopsiformes (troutperch dan pirateperch)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil (0,075 – 0,15 m); ikan dengan ciri-ciri peralihan antara primitif; sirip pelvik belakang sirip pectoral; sirip dorsal, sirip pelvik dan sirip anal dengan satu atau lebih duri mendahului ruas sirip lunak; memiliki 1 famili dengan 3 spesies.
- Ordo : Beryciformes (ikan squirrel)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil (0,075 – 0,6 m); masih berhubungan dengan perciformes tapi mempertahankan beberapa ciri primitif; sirip pelvik di bawah atau sedikit di belakang sirip pectoral; sirip dorsal didahului oleh serangkai duri; duri berada di sirip pectoral; sisik ctenoid; memiliki 15 atau 16 famili.

- Ordo : Perciformes (ikan perchlike)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sangat kecil hingga sangat besar (0,01 – 5 m); sirip pelvik salah satunya berada di bawah atau di depan sirip pektoral; biasanya memiliki dua sirip dorsal; sisik biasanya ctenoid; memiliki 20 subordo dan 125 famili.
- Ordo : Echeineiformes (ikan remora)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sedang hingga 1 m; memiliki ruas pada sirip punggung bagian depan yang termodifikasi membentuk sebuah seri pada sepasang lipatan melintang disebut cakram penghisap di kepala bagian atas; tidak memiliki gelembung renang; memiliki 1 famili dengan 6 spesies.
- Ordo : Zeiformes (ikan John Dorys dan sejenisnya)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sedang hingga 1 m; memiliki ruas duri pada sirip punggung; satu hingga 4 duri di bagian dan sirip anus; memiliki 3 famili.
- Ordo : Pleuronectiformes (ikan pipih)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga besar (0,15 – 3 m); ikan berbentuk asimetri dengan tubuh mengecil kesamping dan kedua mata pada sisi yang sama dari kepala; satu sisi tubuh tidak berpigmen dan berguna untuk berhenti di substrat; sirip punggung dan sirip anus menyatu sepanjang panjang tubuh; biasanya tidak memiliki gelembung renang; memiliki 2 subordo dan 5 famili.

Ordo : Gasterosteiformes (ikan sticklebacks dan tubenose)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh sangat kecil (0,04 – 0,15 m); ikan berduri dengan 3 -15 duri bebas di depan ke sirip punggung; satu duri besar di ujung depan dari sirip panggul lain.

Ordo : Syngnathiformes (ikan mulut pipa)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil biasanya (0,03 – 0,7 m); ikan berbentuk memanjang, seperti pipa bermoncong; sirip punggung depan nampak memiliki ruas berduri; gelembung renang tidak terhubung dengan usus ketika dewasa memiliki 2 subordo dan 7 famili.

Ordo : Ophiocephaliformes (ikan kepala ular)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang (0,15 – 1 m); peciform – seperti ikan dan memiliki sirip panggul belakang dan sirip dada; sirip tidak sepasang dengan duri tidak sempurna; gelembung renang tidak terhubung dengan usus pada dewasa; memiliki 1 famili.

Ordo : Muligiformes (ikan barakuda, mullet dan silverside)

Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang (0,13 – 2 m); ikan berduri dengan sirip pelvik terletak dibagian belakang abdomen punggung depan berduri dan terpisah dari punggung belakang yang memiliki sirip lunak; sirip pelvic tersusun dari lima ruas yang di dahului oleh sebuah duri; memiliki 2 subordo dan 3 famili.

- Ordo : Phallostethiformes (ikan phallostethi)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh sangat kecil biasanya kurang dari 0,04 m. ikan dengan sirip pelvik kurang sempurna; terdapat dua sirip dorsal; gelembung renang tidak terhubung dengan usus pada dewasa; memiliki 1 famili.
- Ordo : Lophiiformes (ikan nona)
 Ciri-ciri : Ukuran tubuh kecil hingga sedang (0,05 – 1,3 m); memiliki sirip pektoral yang termodifikasi untuk berjalan; sirip pelvik terletak di kerongkongan; gelembung renang tidak terhubung dengan usus pada dewasa; memiliki 2 subordo dan 5 famili.
- Ordo : Tetraodontiformes (ikan trigger, puffer dan ocean sunfishes)
 Ciri-ciri : Ukuran kecil hingga sangat besar mencapai 3,7 m; ikan memiliki mulut relative kecil dan insang membuka; tubuh sering tertutup duri; memiliki 4 subordo dan 8 famili.
- Subkelas **Sarcopterygii** (fleshy-finned fishes)
- Ordo : Crossopterygii (lobe-finned fishes)
 Ciri-ciri : Ikan memiliki sebuah cuping memanjang hingga bagian bawah sirip; biasanya mempunyai dua sirip dorsal; memiliki dua kelompok yaitu Osteolepiformes dan Coelacanthiformes.
- Ordo : Dipnoi (ikan paru-paru)
 Ciri-ciri : Ikan memiliki sirip memanjang bertipe archipterygeal; gigi berbentuk dua

lempeng; gelembung renang tersambung ke sisi ventral perut dan fungsional, setidaknya sebagai organ respirasi; terbagi kedalam dua subordo yaitu Ceratoidei, meliputi genus *Neoceratodus* Australia dan *Lepidosirenoidei* yang mencakup *Lepidosiren* di Amerika Selatan dan *Protopterus* di Afrika.

Sumber: Orr. 1976. *Vertebrate Biology*

c. Kelas *Chondrichthyes*

Kelas ini meliputi ikan-ikan yang mempunyai rahang dan sisik-sisik. Skeleton (rangka tubuh) nya seluruhnya tersusun atas cartilage/tulang rawan.

Skates, rays (ikan pari) dan shark (ikan hiu) adalah dianggap sebagai ciri-cirinya kelas ini. Seluruhnya hidup di dalam lautan.

Beberapa ikan pari, mempunyai duri beracun pada ekornya, dan dengan ekor ini mereka dapat mendatangkan suatu penyakit dan sengatan berbahaya kepada korbannya, termasuk juga manusia. Ikan-ikan pari yang lain dapat memberikan kejutan-kejutan listrik yang kuat (Sumadji Sastrosuparno, 1978: 20-21).

d. Kelas *Osteichthyes*

Kelas ini meliputi ikan-ikan yang mempunyai skeleton yang tersusun sebagian besar atas tulang keras, yang merupakan perbedaan ciri terhadap kelompok ikan-ikan yang lain.

Anggota dari kelas ini pada umumnya mempunyai sisik-sisik, yang merupakan suatu ciri khususnya pula. Masih ada perbedaan ciri-ciri yang penting lainnya terhadap ikan-ikan yang lain.

Paling sedikit 20.000 spesies dari 23.000 spesies semua ikan, adalah anggota dari Kelas *Osteichthyes* ini. Mereka menunjukkan variasi yang besar tentang ukuran, bentuk, warna dan mekanisme penyesuaian terhadap lingkungannya. Pada ukuran, mereka meningkat dari ikan-ikan di daerah tropis tertentu yang panjangnya hanya 1 inch sampai kepada Sturgeon di rusia yang panjangnya \pm 20 kaki atau lebih.

Ikan-ikan ini sangat sedikit yang berbahaya terhadap manusia, kecuali “barricuda” laut, ikan-ikan listrik dan piranha yang bengis yang hidup di sungai-sungai di Amerika Selatan (Sumadji Sastrosuparno, 1978: 21-22).

e. Sistem Rangka

Chondrichthyes memiliki tulang kartilago cranium sempurna, organ pembau dan kapsul otik tergabung menjadi satu. Eksoskeleton Ostracodermi mempunyai kesamaan dengan dentin pada kulit Elasmobranchii yang merupakan mantel keras seperti

email pada gigi vertebrata. Di bawah lapisan tersebut terdapat beberapa lapisan tulang sponge dan dibawahnya lagi terdapat tulang padat. Kartilago palto-quadrat dan kartilago Meckel adalah tulang rawan yang akan membentuk rahang atas dan rahang bawah. Ikan hiu dan ikan pari, rahangnya bersendi pada tulang ke posterior atau pada elemen hiomandibula dari lengkung insang ke 2.

Umumnya struktur *appendages* (alat gerak) depan lebih rumit daripada belakang. Alat gerak ikan berupa sirip. Tulang di bagian ventral dari pusat sirip ikan hiu disebut korakoid, sedangkan yang memanjang ke arah dorsal di bagian tepi sirip disebut skapula. Selanjutnya untuk kelompok ikan ini, tulang gigi berasal dari dermal. Sirip pada ikan pari merupakan modifikasi dari beberapa tulang gigi yang hilang. Tulang-tulang bagian panggul pada ikan lebih sederhana daripada bagian gelang bahu dan hampir melekat pada kolumna vertebralis.

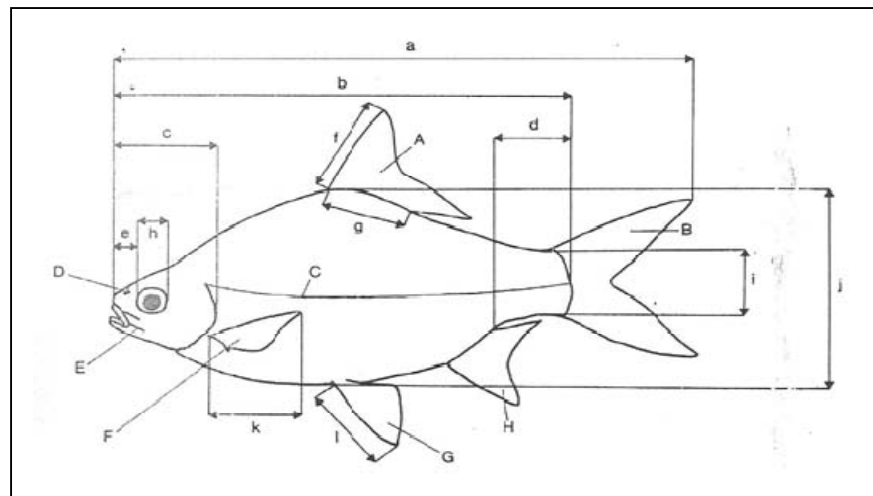
f. Sistem Otot

Fungsi utama sistem otot adalah untuk berbagai variasi gerak dari organ tubuh. Gerak otot yang disengaja pada ikan terutama untuk membuka dan menutup mulut, menggerakkan mata, membuka dan menutup lubang insang, menggerakkan sirip dan gerakkan ke atas atau ke samping, atau melawan arus air. Gerakkan tersebut hanya memerlukan sistem otot yang sederhana.

g. Morfologi Ikan

Ikan merupakan anggota terbesar di antara 4 anggota vertebrata yang lain. Ikan dikatakan menempati 43,1% dari 41.600 spesies vertebrata yang ada. Di Indonesia terdapat lebih dari 4000 jenis dan 800 diantaranya hidup di perairan tawar dan payau.

Tubuh ikan terdiri dari 3 bagian utama, yaitu Caput, Truncus dan Caudal. Batas antara Caput dan Truncus tidak jelas terlihat. Sebagai batas perkiraan adalah tepi ujung Operkulum dan batas antara Truncus dan Caudal dipandang sebagai anus. Kottelat, *et. al.* (1993: xxii) membagi ikan secara morfologis sebagai berikut:



Gambar 1. Skema ikan untuk menunjukkan ciri-ciri morfologi utama dan ukuran-ukuran yang digunakan dalam identifikasi (A) sirip punggung, (B) sirip ekor, (C) gurat sisi, (D) lubang hidung, (E) sungut, (F) sirip dada, (G) sirip perut, (H) sirip dubur, (a) panjang total, (b) panjang standar, (c) panjang kepala, (d) panjang batang ekor, (e) panjang moncong, (f) tinggi sirip punggung, (g) panjang pangkal sirip punggung, (h) diameter mata, (i) tinggi batang ekor, (j) tinggi badan, (k) panjang sirip dada, (l) panjang sirip perut (Kottelat, *et. al.*, 1993: xxii).

h. Ciri Khusus

1) Sisik

Sisik adalah bagian tubuh luar dan merupakan ciri sangat penting baik untuk ikan tulang keras maupun ikan tulang rawan. Sisik, umumnya sebagai pelindung dan penutup tubuh. Berdasarkan asal, struktur dan fungsi, sedemikian bervariasi, sehingga sisik merupakan hal yang penting dalam klasifikasi.

Kulit ikan hiu atau ikan karang terasa seperti amplas (amril) karena banyak sisik-sisik kecil yang tertanam pada kulit. Sisik ini dikenal sebagai sisik bertipe *plakoid* dan strukturnya sama dengan struktur gigi. Setiap sisik tersusun dari lempengan tulang dibagian basal menuju ke atas menembus kulit kemudian mengarah ke belakang membentuk tonjolan seperti duri yang tersusun dari dentin. Seperti pada gigi, disana ada lubang pusat (pulpa), dimana terdapat banyak saluran darah. Spina ditutupi oleh lapisan yang lebih keras, dipercayai terbuat dari bahan sama seperti email gigi. Tidak ada perbedaan prinsip antara sisik dan gigi ikan hiu, kecuali pada ukuran gigi lebih besar, keduanya adalah barang yang bisa hilang dan diganti. Ikan pari, giginya berubah secara berkala menjadi satu sehingga mampu memecah cangkang moluska. Sisik plakoid pada ikan hiu dan ikan pari sangat berbeda dalam bentuk dan susunannya.

Tipe sisik *ganoid* tampak jelas pada ikan *gars*, berbentuk seperti belah ketupat tersusun amat rapat satu sama lain dan tersusun searah diagonal tubuh. Diatas lempengan dasar sisik dilapisi oleh substansi mirip email tipis, disebut ganoin. Oleh karena adanya ganoin pada sisik beberapa Chondrostei dan Holostei, maka kelompok ini sering disebut ikan-ikan ganoid (telah punah).

Sisik sebagian besar ikan tulang keras adalah tipe *sikloid*, tertanam bagian depannya dicelah-celah kulit, bagian distal sisik menutup sisik berikutnya. Tidak seperti sisik plakoid, *imbricate scale* atau tumpang tindihnya sisik ini tidak diganti jika lepas. Susunan sisik ini seperti kulit, tidak dilindungi epidermis atau metrial seperti email ataupun ganoin. Sisik sikloid, pada dasarnya melingkar dan bertambah ukuran seiring pertumbuhan ikan. Akibat dari pertumbuhan sisik tersebut tampak sebagai tanda cincin pertumbuhan, seperti lingkaran tahun pada pohon. Cincin pertumbuhan tersebut lebih jelas pada bagian sisik yang tertanam, karena pertumbuhannya terhambat selama musim dingin akibat menurun suhu pada pasokan makanan.

Sisik *ctenoid* pada dasarnya sama seperti sikloid mengenai struktur dan susunannya, tetapi berbeda pada bagian belakangnya yaitu berbentuk seperti sisir. Beberapa spesies

mungkin mereduksi menjadi satu tonjolan atau spina (duri). Sisik ctenoid ditemukan menjadi duri sirip dorsal pada ikan pari.

2) Warna tubuh

Warna indah pada tubuh vertebrata, banyak ditemukan pada ikan dan burung. Pada burung, warnanya terbatas pada bulu, perubahannya tidak pada struktur kulit. Warna bulu burung dapat berubah hanya karena letih, oksidasi atau saat brodol. Warna tubuh ikan lebih kompleks oleh karena adanya *kromatofora* yang berada dilapisan dermis. Kristal guanin, di dalam sel disebut *iridosit* yang berhubungan dengan sisik, mungkin responsive terhadap perubahan fisiologis.

Pigmen utama pada ikan adalah *melanin* yang mampu memproduksi warna coklat, ungu atau hitam, dan *karotenoid* yang responsif terhadap warna kuning, orange dan merah. Kromatofora yang mengandung melanin disebut *melanofora* dan yang mengandung karotenoid disebut *lipofora*. Beberapa jenis ikan Nampak terjadi perubahan warna pada saat masa kawin. Hal ini mungkin merupakan bagian dari pelayanan pengenalan jenis kelamin. Kebanyakan ikan, warna menunjukkan adaptasi terhadap lingkungan sehingga ikan mendapat perlindungan dari latar belakang warna tempat hidupnya. Spesies ikan yang hidup pada batu karang

umumnya berwarna cerah. Ikan yang hidup pada dasar yang kecerahannya bertahap menyebabkan warna tubuh ikan seperti mempunyai berkas garis gelap dan terang pada tubuhnya. Permukaan atas tubuh dari ikan dasar (*bootom-dweling fishes*) kadang sangat serupa dengan warna substrat disekitarnya.

3) Alat gerak

Tipe ekor *protoserkal*, adalah bagian belakang sirip ekor ikan membulat dan merupakan perluasan notochord memanjang sampai ke ujung ekor. Bagian medial dan keudal sirip ekor tersebut ditopang oleh pilar tulang rawan halus.

Ikan tulang rawan dan tulang keras pada dasarnya mempunyai sirip pectoral dan sirip pelvic berpasangan ditambah sebuah sirip medial dan sirip kaudal. Semua sirip pada ikan hiu dan ikan pari (yang berpasangan ataupun tidak), disokong oleh pilar tulang rawan. Semua sirip, terbungkus kulit tebal sehingga bagian-bagian penyusunnya tidak tampak. Ikan hiu biasanya memiliki dua sirip dorsal tetapi pada beberapa spesies mereduksi tinggal satu, dan ada sebuah sirip anal. Ekor ikan hiu umumnya *heteroserkal*, tersusun oleh *dorsal flange* yang besar, melebar kearah distal dari skeleton aksial, dan sebuah *ventral flange* kecil.

Kelompok ikan sejenis ikan pari, sirip pectoralnya sangat membesar dan menempel sepanjang tubuh mulai dari bagian

belakang kepala sampai di depan sirip pelvik. Bahkan pada ikan *electric ray* sirip tersebut menyatu pada ujungnya sebagai alat untuk memancarkan cahaya. Ikan pari umumnya memiliki dua sirip median dorsal yang letaknya jauh dari ekor, tetapi tidak ada pada ikan pari berduri (*sting ray*). Sirip anal jelas tidak ada. Meski sirip ekor tidak ditemukan pada kebanyakan ikan pari, tetapi berkembang sangat baik pada ikan pari elektrik. Bagian dalam dari sirip pelvik ikan hiu jantan dan ikan pari jantan berubah menjadi *klasper* sebagai alat untuk memindahkan sperma kepada hewan betina.

4) Ikan berbisa dan beracun

Ikan beracun paling berbahaya adalah familia Scorpaenidae, contohnya stonefish (*Synanceja verrucosa*) memiliki sengat beracun sangat mematikan. Spesies dari anggota genus *Pterois* (*turkey fish*, *scorpion fish* dan *zebra fish*) juga beracun. Duri-duri sirip dorsal, ventral maupun anal adalah beracun. Zat racun diproduksi oleh glandula pada epithelium duri tersebut. Ikan beracun ditemukan di semua perairan hangat di dunia, tetapi paling banyak ditemukan di perairan Pasifik dan kawasan Karibia. Ikan puffer (*Arothron hispidus*) menyebabkan kematian mencapai 60 % lebih setelah 20 menit memakan jenis ini. Meskipun telah dikenal beracun ikan beracun, tetapi masih banyak yang belum diketahui. Di

daerah tropis, banyak kasus keracunan akibat makan ikan dari jenis *pompano*, *red snapper*, *sea bass*, *tuna* dan *mackerel*. Racun sering terdapat pada organ visceral seperti gonad. Produksi racun pada beberapa spesies berhubungan dengan masa reproduksi.

5) Ikan bioluminesen

Bioluminesen (*bioluminescence*) adalah pancaran sinar oleh organisme, sebagai hasil oksidasi dari berbagai substrat dalam memproduksi enzim. Susunan substratnya stabil disebut *lusiferin*, dan enzim yang sangat sensitive sebagai katalisator oksidasi, disebut *lusiferase*.

Bioluminesen diproduksi oleh bakteri, jamur ataupun binatang invertebrata. Diantara hewan-hewan bertulang, hanya ikan yang mampu memproduksi sinar. Organ luminesen (organ yang mampu menghasilkan sinar) ditemukan pada beberapa ikan hiu, ikan pari berlistrik (*Benthobatis moresbyi*) dan beberapa ikan tulang keras khususnya ikan yang tinggal di laut dalam.

Organ yang memproduksi sinar ini dapat digunakan untuk menaksir kedalaman laut, dimana ikan tersebut tinggal. Hal ini dimaksudkan juga bahwa ikan tersebut memproduksi sinar untuk mendapatkan makanan, mengacaukan musuh, menerangi lingkungan ataupun menarik perhatian lawan

jenisnya. Semua ini masih dugaan, akan tetapi pada prinsipnya berfungsi untuk mendapatkan “penghargaan” antar individu dalam satu jenis.

Ikan memproduksi bioluminesen dengan dua cara, yaitu oleh pori-pori yang bercahaya ataupun organ yang bersimbiose dengan bakteri penghasil sinar. Intensitas organ luminesen mungkin bertambah atau berkurang. Cara lain dalam memproduksi sinar adalah bergantung pada ekspansi dan kontraksi kromatofora pada permukaan kulit.

6) Organ listrik

Di antara struktur tubuh hewan vertebrata yang unik adalah organ listrik yang ditemukan pada beberapa kelompok ikan. Aliran listrik ini ada yang diproduksi sangat lemah tetapi ada yang sangat kuat. rekor maksimum dikeluarkan oleh belut elektrik (*Electrophorus electricus*) mencapai 550 volt, lele elektrik (*Malapterurus electricus*) 350 volt, pada ikan pari elektrik (*Torpedo nobiliana*) adalah 220 volt.

Organ elektrik disusun oleh *electroplates* atau *electroplaxes*, yang merupakan kumpulan sel berbentuk cakram sehingga nampak searah. Hasilnya organ elektrik nampak tersusun parallel (sejajar), lajur prismatic, beberapa berisi sejumlah besar lempengan elektrik dan terpisah dengan yang lain yang dihubungkan oleh jaringan penyambung.

Jalanan saraf pada satu sisi dari beberapa lempengan elektrik berakhir dengan multinuklei seperti layaknya jaringan otot. Semua organ elektrik adalah semitransparan dan sebagai konsekuensinya adalah bergelatin. Arah arus listrik berbeda-beda untuk setiap jenis ikan. Belut listrik, arah arus listrik mulai dari ekor ke arah kepal, sementara ikan pari elektrik arus listrik mengalir pada permukaan tubuh mulai dari ventral ke arah dorsal.

Organ elektrik mempunyai beberapa fungsi, misalnya untuk memproduksi sinar tidak terlalu terang untuk maksud orientasi. Benda yang tidak jauh, yang mempunyai konduktivitas arus berbeda dengan lingkungannya membuat ikan mengubah pola arus listrik untuk dapat mengenali. Setiap benda walaupun berbeda bentuk tetapi sama konduktivitas, akan diabaikan. Hal ini terutama dilakukan ikan untuk mengeruhan air ketika keadaan tidak menguntungkan. Hal ini dipercaya bahwa sistem linea lateralis pada ikan mampu mendeteksi obyek didekatnya akibat perubahan tekanan, tetapi ikan tidak mampu membedakan benda yang sama bentuknya walaupun material penyusun berbeda. Untuk hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan organ elektrik. Ikan dengan organ elektrik, umumnya ditandai membesarnya cerebellum (Sukiya, 2005: 24-33).

7) Distribusi dan Habitatnya

Jenis-jenis ikan bertulang rawan (dari kelas *Chondrichthyes*) seperti ikan hiu (shark) dan ikan pari (ray) umumnya hidup di laut, tetapi ada beberapa yang hidup di sungai-sungai air tawar.

Sebagian besar ikan hiu hidup di daerah permukaan air, sedang ikan-ikan pari umumnya di daerah dasar, tetapi “manta” dan ikan-ikan pari yang besar-besar berenang-renang di daerah dekat permukaan air.

Beberapa ikan hiu dan ikan pari di daerah tropis, hidup secara permanen di air tawar.

Ikan-ikan ini semuanya adalah hidup sebagai predator. Ikan-ikan hiu adalah perenang-perenang aktif, mencari makanan/mangsanya sesuai dengan ukuran mereka. Mereka adalah predator-predator yang terbesar, karena dapat menangkap anjing-anjing laut atau singa-singa laut. Seding ikan-ikan pari karena mereka sebagian besar merupakan penduduk di daerah dasar, mereka hanya hidup dari bermacam-macam invertebrata. Dan yang suka berenang-renang di daerah permukaan, makanannya ialah plankton.

Habitat mereka itu beranekaragam : di daerah permukaan air/air terbuka; pada dasar yang berpasir; berkarang dan berlumpur; ditengah-tengah karang; di teluk-teluk yang

mengandung garam-garam dan kuala-kuala; di sungai-sungai dan danau-danau air tawar; di air-air gua; bahkan direlung-relung bawah yang temperaturnya panas.

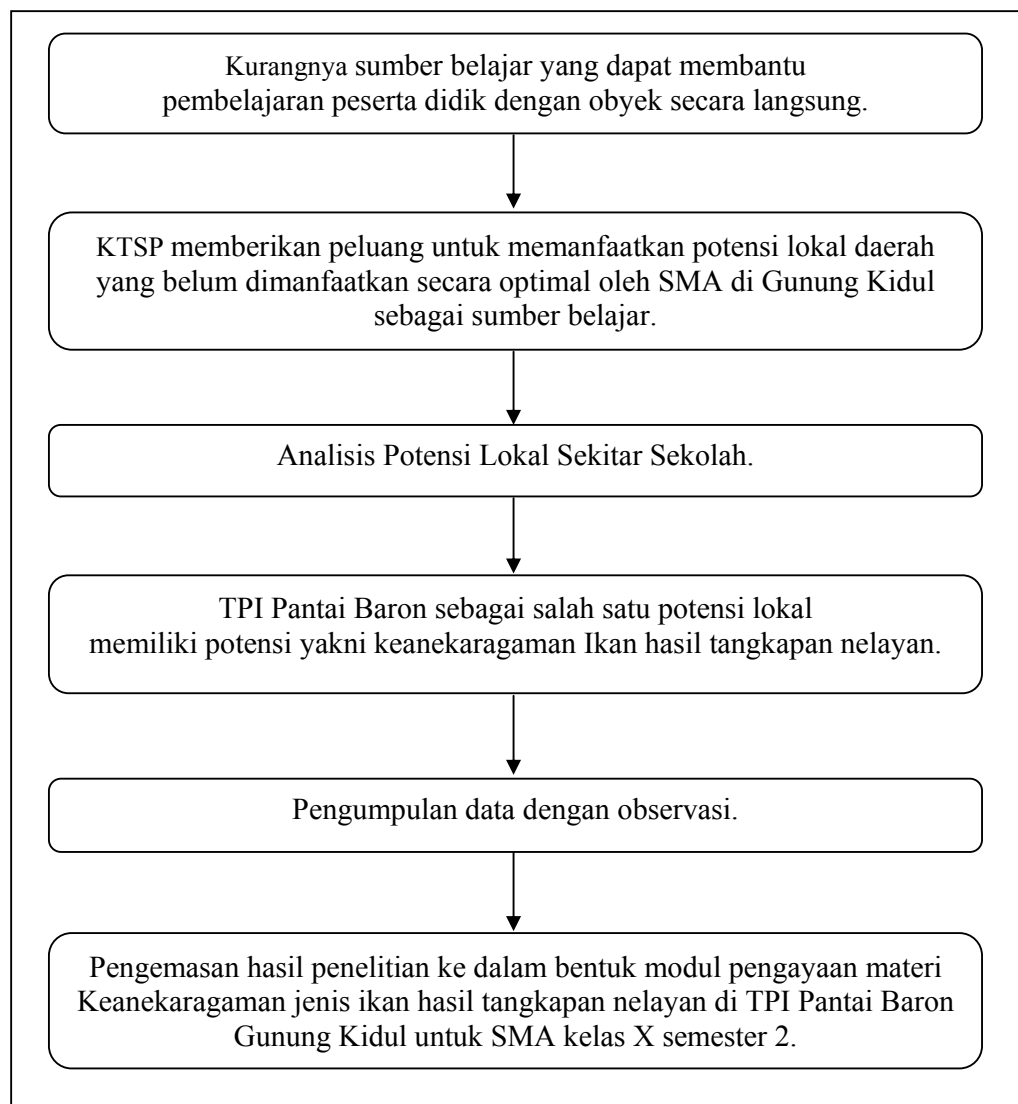
Ada beberapa yang hanya hidup di air-air di daerah Artic, di lautan yang dalam atau di kedalaman danau, sedang yang lain hanya pada daerah lautan tropis yang dangkal dan temperaturnya panas, dan sedikit sejenis ikan sungai (minnows) hanya hidup di relung-relung bawah dipadang pasir Amerika yang temperaturnya $\pm 93^{\circ}\text{F}$ (Sumadji Sastrosuparno, 1978: 22-23).

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir yang digunakan peneliti adalah bahwa kurangnya sumber belajar yang dapat membantu pembelajaran peserta didik dengan obyek secara langsung. KTSP memberikan peluang untuk memanfaatkan potensi lokal daerah yang dimilikinya secara optimal dalam kegiatan pembelajaran. Biologi sebagai mata pelajaran yang di ajarkan di SMA dalam kegiatan pembelajarannya harus mempertimbangkan keragaman potensi dan karakteristik lingkungan disekitarnya. Gunungkidul sebagai kabupaten yang memiliki beberapa objek wisata yang sebenarnya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber belajar. Diantaranya adalah Pantai Baron yang memiliki Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yakni keanekaragaman ikan hasil tangkapan nelayan. Keanekaragaman jenis

ikan hasil tangkapan nelayan yang ada di TPI tersebut kemudian dilakukan observasi dengan meneliti bagian morfologik ikan. Data hasil observasi tersebut dikemas dalam bentuk modul pengayaan yang berjudul keanekaragaman jenis ikan hasil tangkapan nelayan di TPI Pantai Baron Gunungkidul untuk SMA kelas X semester 2.

Secara garis besar berikut kerangka berfikir bila digambarkan dalam bentuk skema:



Gambar 2. Skema kerangka berfikir